

MODULATEURS EN ANNEAU ET SAXOPHONE : LE DISPOSITIF D'ECRITURE MIXTE ET L'INTERPRETATION PARTICIPATIVE DANS L'ŒUVRE *LE PATCH BIEN TEMPERE II*

Tom Mays

CICM – Université de Paris VIII
CNSMD de Paris
contact@tommys.net

Pedro Bittencourt

CICM – Université de Paris VIII
EM Universidade Federal do Rio de Janeiro
contact@pedrobittencourt.info

RÉSUMÉ

Le Patch Bien Tempéré II pour saxophone et traitement en temps réel est la deuxième œuvre d'une suite de pièces du compositeur Tom Mays explorant l'écriture mixte pour instrument seul et différents traitements en temps réel de base. Dans le cadre d'une collaboration proche, aussi appelée *interprétation participative*, une pièce mixte a été créée avec le saxophoniste Pedro Bittencourt. Le saxophone (au choix) est au cœur des traitements en temps réel et l'exécution instrumentale agit finement sur l'électronique, qui par son comportement influence constamment le jeu du saxophoniste, résultant en un instrument hybride et étendu. Le son du saxophone est traité uniquement par quatre modulateurs en anneau implémentés dans le logiciel Max/MSP. Un suivi d'amplitude permet à la fois de déployer les modulateurs progressivement et de créer des glissandi de modulation en fonction de l'intensité du saxophone. Après une discussion sur la notion de *interprétation participative*, nous analysons la pièce en exposant les techniques d'écriture instrumentale et électronique pour et avec les modulateurs en anneau. Nous listons les adaptations spécifiques effectuées durant le processus de collaboration.

1. INTRODUCTION

Dans la musique de nos jours, le compositeur opère souvent la partie électronique. L'équilibre entre les sources sonores et la nature de leurs interactions représente des éléments clés pour qu'une interprétation musicale soit satisfaisante. Nous considérons que dans ce cas le responsable de l'électronique (fût-il le compositeur ou un technicien) partage l'interprétation avec l'instrumentiste. Dans le cadre de l'interprétation participative [BITTENCOURT, 2013], compositeur et interprète collaborent pendant toutes les étapes du processus créateur, pour construire ensemble l'interprétation musicale à travers plusieurs échanges.

Dans cet article nous proposons une discussion sur la notion de *interprétation participative* suivie d'une analyse de la pièce *Le Patch Bien Tempéré II*, accompagnée d'une exposition des techniques d'écriture instrumentale avec les modulateurs en anneau. Nous présentons les échanges entre compositeur et

instrumentiste déterminants dans le processus de création et d'interprétation musicale de la pièce, et nous listons les adaptations faites durant l'élaboration de l'œuvre.

2. DE L'INTERPRETATION PARTICIPATIVE

Nous proposons que l'interprétation musicale puisse être une série d'interactions partagées entre l'instrumentiste et le compositeur dans certaines conditions du processus créateur de musique mixte.

L'interprétation participative [BITTENCOURT, 2013] est un processus dynamique et créatif, fruit de multiples interactions partagées entre instrumentistes et compositeurs à long terme. Elle s'étend depuis la conception des pièces (avant l'écriture de la partition), pendant les adaptations faites au fur et à mesure, jusqu'à la création en concert et l'enregistrement d'une version en studio. On réalise des tests, des improvisations et toutes les expériences nécessaires avec l'instrument et les outils électroniques demandées par les compositeurs. Le but est d'« optimiser » les nouvelles pièces et avoir une version satisfaisante (c'est à dire, approuvée par le compositeur). De nouvelles techniques étendues peuvent être requises par le compositeur et développées par l'instrumentiste. Des erreurs peuvent se produire et être utilisées pour faire découvrir de nouvelles sonorités inouïes. Pour exploiter les possibilités expressives de l'alliage de l'instrument acoustique avec l'électronique dans différents contextes musicaux, certains matériaux sonores d'autres pièces peuvent encore être repris et articulés différemment dans de nouveaux contextes. L'instrumentiste peut ainsi développer une plus grande familiarité avec la pièce selon les directives du compositeur et dans l'autre sens le compositeur peut se familiariser avec les singularités de l'instrumentiste.

De cette façon l'interprétation musicale d'une nouvelle pièce mixte peut être construite graduellement et ensemble, nourrie par tous les échanges de compétences du compositeur et de l'instrumentiste. Le participatif englobe cet « apprentissage mutuel » lié au contexte d'optimisation de chaque pièce. La découverte et l'apprentissage de nouvelles sonorités (mixtes, électroniques et instrumentales) peut émerger pendant ce travail dynamique qui se reconfigure selon son propre déroulement. Le compositeur y est aussi considéré comme un interprète, non seulement parce qu'il opère l'électronique en concert (cela pourrait être aussi réalisé

par quelqu'un d'autre, comme un technicien son avec les instructions nécessaires) mais aussi parce qu'il a participé aux choix basés sur les échanges dans le processus créateur, avant, pendant et après l'écriture de la partition et la partie électronique. Ce vécu est le différentiel de ce que nous considérons comme la construction de l'interprétation musicale avec l'instrumentiste.

Dans nos collaborations actuelles, le compositeur demeure le seul auteur des œuvres, et c'est toujours lui qui fait le choix final. C'est lui qui détermine l'ordre des étapes de travail, le rôle de l'instrumentiste étant toujours de le soutenir. Pour employer un terme de la systémique, [DURAND, 1979] nous décrivons un système à apprentissage où les décisions finales sont faites par le compositeur. Cela justifie que l'instrumentiste ne soit pas un « co-auteur » des pièces musicales.

Dans cette approche, compositeur et instrumentiste cheminent ensemble. Dans l'interprétation participative il n'y a pas un cadre de travail prédéfini. Il n'y a pas un schéma à suivre avec des étapes temporellement établies ou séparées par tâches. Les étapes ne sont pas nécessairement effectuées dans l'ordre présenté et peuvent se répéter à n'importe quel moment du processus créateur pour s'achever selon les besoins. Les musiciens découvrent ensemble ces procédés tout en s'influençant mutuellement. Notre propre objet d'étude est modifié par notre action. Nous y trouvons quelques convergences avec des propos des sciences cognitives [VARELA, 1989], des sciences de l'information et de la communication [WATZLAWICK, 1972] et de la recherche-action intégrale et systémique [MORIN, A., 2010] qui sont encore en développement.

Plus qu'être « fidèle » à l'œuvre, l'instrumentiste aide à sa construction et à la concrétisation des premières versions en concert et en studio. L'instrumentiste se met à disposition du compositeur pour expérimenter et potentialiser ses idées musicales. L'interprétation participative émerge de l'apprentissage issu de ces échanges de compétences des musiciens¹.

Il faut rappeler que l'interprétation participative telle que nous le proposons est plutôt réalisée avec des œuvres mixtes qui n'ont pas encore été créées pour qu'il soit possible d'avoir assez d'échanges et surtout qu'elles soient mutuelles. Cela n'empêche pas que des œuvres déjà écrites ou même créées soient entièrement exclues de l'interprétation participative. Selon l'ouverture accordée par le compositeur, l'instrumentiste peut construire avec lui une nouvelle interprétation dans ce cadre participatif, ou même une nouvelle version, en retravaillant des aspects qu'une écoute postérieure puisse faire apparaître.

3. L'ŒUVRE ET L'ÉCRITURE

Le Patch Bien Tempéré II (2012) est une œuvre d'environ huit à neuf minutes pour saxophone au choix (sopranino, soprano, alto, ténor, baryton, basse) et traitement en temps réel. C'est la deuxième d'une suite

de pièces du compositeur Tom Mays explorant l'écriture mixte pour instrument seul et traitements de base [MAYS, 2010]. Une collaboration proche avec le saxophoniste Pedro Bittencourt a permis de créer une pièce où l'instrument (sax au choix : alto, ténor, barytone ou soprano) est au cœur des traitements et où l'interprétation agit finement sur l'électronique et résulte en un instrument hybride et étendu. Le son du saxophone est traité uniquement par quatre modulateurs en anneau implémentés dans Max/MSP. Un suivi d'amplitude permet à la fois de déployer les modulateurs progressivement et de créer des glissandi de modulation en fonction de l'intensité. Le traitement en temps réel de la pièce est implémenté dans l'environnement de création *Tapemovie* [Mays/Rubiano 2010], lui-même construit avec Max/MSP de Cycling74.

3.1. Les objectifs de la pièce

La composition de cette pièce a été motivée par plusieurs objectifs :

1. Faire une pièce compatible avec tous les saxophones, à la discrétion de l'instrumentiste – lisant la même partition et utilisant le même patch informatique en prévoyant les transpositions nécessaires.
2. Donner à entendre que l'instrument et le traitement se mêlent parfaitement pour ne faire qu'un seul son – ni acoustique, ni électronique, mais un hybride des deux. L'instrument acoustique sera réellement modifié. On n'entend pas le son séparé de l'instrument, ni l'électronique seule.
3. Essayer d'explorer complètement les possibilités musicales des modulateurs en anneau en les employant UNIQUEMENT, sans le moindre délai ou filtrage.
4. Intégrer le contrôle des paramètres de traitement au jeu instrumental par le biais d'un suivi d'amplitude, impliquant ainsi plus fortement l'écoute de l'instrumentiste qui doit entendre pleinement la modification de son instrument par l'électronique pour atteindre l'expressivité souhaitée.
5. Faire en sorte que la pièce soit simple à monter et à exécuter et que les événements se déclenchent automatiquement par le son de l'instrument lui-même.

Pour réaliser le premier objectif, il fallait gérer les fréquences de modulation en fonction d'une transposition donnée. Ces fréquences sont donc exprimées en notes transposées et la transposition selon le type de saxophone choisi est appliquée globalement (voir 3.2.2). Dans l'écriture pour le saxophone, il fallait éviter les modes de jeu trop idiomatiques d'un saxophone spécifique et chercher la compatibilité. Les multiphoniques, par exemple, sont très différents selon le membre de la famille (soprano, alto, ténor, ou baryton). Par contre, des sons éoliens sans le bec et un léger

¹ Nous n'y excluons pas les techniciens son. Ils sont parfois indispensables pour la bonne réalisation des pièces.

glissando sur un Fa grave sont possible à réaliser avec tous les saxophones.

Le deuxième objectif est atteint par la nature même des modulateurs en anneau qui altèrent la structure harmonique du son en éliminant le son d'origine (voir 3.2.2). Ceci permet d'avoir un niveau sonore important, car il y a peu de risques d'effet Larsen, et par conséquent nous avons un mélange très efficace avec l'instrument en direct.

Le troisième objectif a comme conséquence une partie électronique tellement « accrochée » à l'instrument qu'elle ne peut pas le soutenir ou le prolonger temporellement – quand l'instrument s'arrête, le traitement s'arrête. Ainsi la pièce ressemble plus à une pièce pour un instrument seul qu'à une pièce de musique mixte. Dans la version actuelle de la partition, il n'y a plus souvent d'indications sur le comportement de l'électronique.

Le quatrième objectif soulève l'intérêt de faire une implémentation informatique des modulateurs en anneau, le réel avantage étant dans le contrôle des paramètres. Dans *Le patch bien tempéré II* un suivi d'amplitude du saxophone sert à la fois à déployer progressivement les quatre modulateurs et également à faire glisser les fréquences. Les nuances et changements d'intensité dans la pièce deviennent alors très importants à l'égard de l'expressivité du jeu. Le saxophoniste contrôle l'électronique et les transformations de l'électronique suggèrent le phrasé et le contrôle des nuances du saxophoniste.

Le cinquième objectif est très important pour la vie de l'œuvre. Avec une possibilité pour l'instrumentiste de répéter seul chez lui en ayant un minimum de connaissance technique et d'équipement et un minimum de souci d'exécution, la pièce aurait plus de chance d'être jouée par des saxophonistes de différents niveaux et sur toute la famille d'instruments (du soprano au basse).

3.2. Le dispositif

Le patch bien tempéré II a été réalisé dans l'environnement *tapemovie*² qui est lui-même un patch Max/MSP modulable et scriptable [MAYS, RUBIANO, 2010]. Avant de continuer sur l'exposition du dispositif, nous allons voir un bref historique des modulateurs en anneau et un aperçu de son fonctionnement sur le plan théorique.

3.2.1. Les modulateurs en anneau – historique et théorie

Bien que l'historique et la théorie de la modulation en anneau soient bien connus du public averti de la musique électronique et de l'informatique musicale, nous préférons faire ici un récapitulatif complet pour que même des débutants puissent suivre dans un contexte pédagogique. Certains peuvent s'il le souhaitent passer

directement à la suite – Les modulateurs en anneau – implémentation dans la pièce.

La modulation en anneau est sûrement le traitement le plus perceptible et le moins dangereux à faire en temps réel de tous. Cette transformation est perceptible car le spectre et donc le timbre du son se trouvent modifiés de façon significative et cette *séparation* du son traité du son d'origine augmente très fortement sa perceptibilité. Le même décalage du spectre qui rend la modulation en anneau perceptible diminue énormément les risques d'effet Larsen, car les fréquences qui sortent des haut-parleurs ne sont pas les mêmes que celles qui rentrent via le microphone. Ainsi on empêche le *renforcement* qui provoque l'effet Larsen.

La modulation en anneau existe depuis les années 1930 dans des applications de téléphonie, mais ne sert dans la musique que depuis les années 50, surtout en Allemagne, au Japon et en Italie. Vers le début des années 60 cependant, la moitié des studios de musique électroacoustique au monde possédait un modulateur en anneau.

Karlheinz Stockhausen, travaillant dans les studios du WDR Cologne, a employé des modulateurs en anneau dans plusieurs pièces – notamment *Mixtur* (pour orchestre et 4 générateurs de sinus et modulateurs en anneau), *Mikrophonie II* (pour 12 chanteurs, Orgue Hammond, comme porteuse, et 4 modulateurs en anneau) et *Mantra* (pour deux pianos, deux générateurs de sinus et 2 modulateurs en anneau) [DAVIES, 1976].

Tous ces modulateurs en anneau historiques étaient bien sûr des appareils analogiques. Aujourd'hui il est beaucoup plus *simple* et *portable* de faire des modulateurs en anneau avec des moyens informatiques, mais le son n'est pas tout à fait pareil. Le modulateur en anneau numérique manque le comportement non-linéaire et les harmoniques supplémentaires d'un modulateur en anneau analogique [PARKER, 2011]. Cependant le dispositif numérique permet un contrôle précis et varié qui n'est pas facilement reproductible avec les moyens analogiques.

Pour faire une modulation en anneau en informatique (dans Max/MSP³ ou PureData⁴, par exemple) on prend un signal complexe (entrée micro par exemple) et on le multiplie avec un oscillateur sinusoïdal *bipolaire* (oscillation positif et négatif autour de « 0 »). Le résultat est la somme ET la différence de toutes les fréquences du signal complexe (porteuse) avec la fréquence de l'oscillateur.

Si un son complexe avec un spectre harmonique de 1000 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz et 4000 Hz est modulé à 250 Hz, le résultat est :

diff	somme
750	1250
1750	2250
2750	3250
3750	4250

³ Max/MSP de Cycling 74 : www.cycling74.com

⁴ PureData de Miller Puckette : <http://fr.flossmanuals.net/puredata/>

² Le site de *tapemovie* : <http://tapemovie.org/>

La porteuse et la modulante disparaissent et il n'y a plus de rapport harmonique entre les partiels. Le son est devenu *inharmonique* et sa structure spectrale est perturbée [DAVIES, 1976] [OBERHEIM, 2008].

Si nous modulons un son harmonique avec une fréquence égale à la fondamentale de ce son, on retrouve un son quasi identique à l'original. Par exemple, modulons 100-200-300-400 Hz avec 100 Hz et nous avons :

diff	somme
0	200
100	300
200	400
300	500

Le 0 Hz va disparaître de la perception car 0 Hz n'est pas audible et le reste va faire un son parfaitement aligné avec le spectre du son d'origine, avec un partiel de 500 Hz en plus. Dans le résultat, le 100Hz sera un peu moins fort que le 100 Hz dans le son d'origine car c'est le 2e harmonique décalée plus bas. Mais globalement nous allons avoir un timbre très proche.

Cela voudrait dire que pour différents *rappports* entre la hauteur du son d'origine et la fréquence de modulation, on a différents timbres qui sont plus ou moins *harmoniques* ou *inharmoniques*. Les changements de timbres s'effectuent soit en changeant la fréquence de modulation sur une hauteur constante, soit en changeant la hauteur sur une fréquence de modulation constante.

Si la fréquence de modulation est très basse, entre 0 Hz et 20 Hz, le résultat est un son avec des battements - un effet de *lfo*. Les battements sont d'une fréquence 2 fois plus que la fréquence de modulation car c'est le résultat d'un écart entre la somme et la différence [DAVIES, 1976].

Si la fréquence de modulation est au dessus de la fondamentale de la note jouée, la *différence* crée une fréquence qui descend en dessous de 0 Hz. Dans ce cas la fréquence se trouve repliée autour de zéro et redevient positive, subissant juste une inversion de phase.

Le *Frequency Shifter* (transposition de fréquence) est proche de la modulation en anneau, donnant uniquement la somme ou la différence, mais pas les deux en même temps. Il le fait en décalant la phase de la porteuse de 90 degrés avant de la moduler avec un signal sinusoïdal également décalé de 90 degrés. Le rapport de phase du résultat fait qu'il n'y a qu'une bande de côté qui reste, l'autre étant annulé [BODE, 1984 p. 6]. Nous pouvons facilement recombinaison un shifting « haut » et un shifting « bas » pour reconstruire les deux côtés de la modulation en anneau.

Le *Frequency Shifter* (transposition de fréquence) est proche de la modulation en anneau, donnant uniquement la somme OU la différence, mais pas les deux en même temps. Il le fait en décalant la phase de la porteuse de 90 degrés avant de la moduler avec un signal sinusoïdal également décalé de 90 degrés. Le rapport de phase du résultat fait qu'il n'y a qu'une bande de côté qui reste, l'autre étant annulé [BODE, 1984 p. 6]. Nous pouvons facilement recombinaison un shifting « haut » et un shifting

« bas » pour reconstruire les deux côtés de la modulation en anneau.

3.2.2. Les modulateurs en anneau – implémentation dans la pièce

La modulation en anneau dans *tapemovie* se fait par le biais d'un *frequency shifter* réalisé avec l'objet Max/MSP *freqshift~* qui sépare la somme et la différence en deux sorties distinctes. Pour cette pièce, la somme et la différence sont toujours additionnées, rendant ainsi les *frequency shifters* équivalents à la modulation d'anneau.

Dans *tapemovie*, le module de traitement utilisant l'objet *freqshift~* s'appelle *fshift*. Son éditeur montre ces paramètres (voir **Figure 1**).

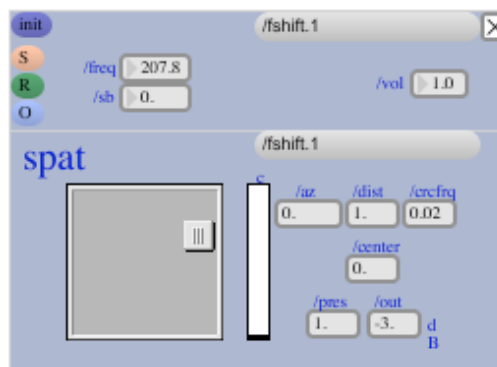


Figure 1. L'éditeur du *fshift* dans *tapemovie*.

Le paramètre *freq* indique la fréquence de la modulation. Le paramètre *sb* est pour le *side band* (0 pour somme + différence, 1 pour somme, -1 pour différence). Puis, *vol* c'est le volume, contrôlable entre 0 et 1. Dans la partie basse de l'éditeur se trouvent les paramètres de spatialisation. L'espace et le mouvement du son ne sont pas des paramètres centraux à la composition, mais ce *spat* permet d'appliquer une légère rotation de chaque modulateur dans quatre haut-parleurs pour une meilleure mise en espace et une valorisation de l'écoute.

La gestion des fréquences de modulation se fait en note MIDI transposée pour être en rapport avec la transposition choisie selon l'instrument. Si nous demandons la fréquence de modulation qui correspond à la note 65 pour aller avec le Fa du saxophone alto, nous envoyons la variable *pitch* et cette note sera additionnée avec la valeur globale de transposition pour le saxophone « -9 », la transposition du sax alto. Ensuite, la variable *pitch* sera envoyée vers un convertisseur *note vers fréquence* avant d'arriver au module *fshift* (voir **Figure 2**).

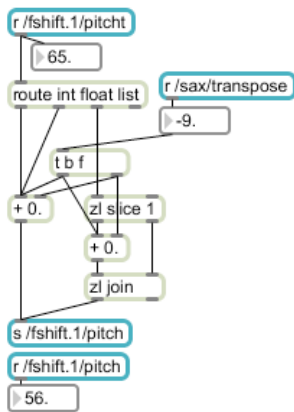


Figure 2. La prise en compte de la transposition pour le *pitch*.

Nous choisissons la transposition du saxophone dans un menu (voir **Figure 3**), et nous pouvons entrer une valeur de référence d'intonation si le saxophoniste préfère s'accorder au La = 442 plutôt que 440, par exemple (voir **Figure 4**). Ces paramètres modifient le rapport entre la hauteur transposée et la hauteur réelle.

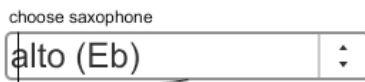


Figure 3. Choix du saxophone.



Figure 4. Référence d'intonation

3.2.3. Le suivi d'amplitude

L'enveloppe d'amplitude du saxophone est suivie continuellement par le module de suivi d'amplitude dans *tapemovie*, *afol* (voir **Figure 5**).

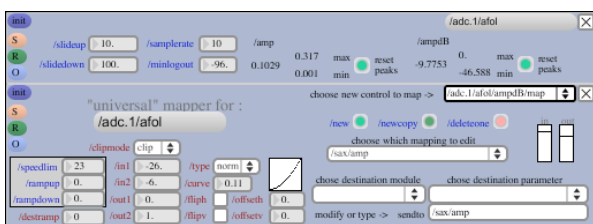


Figure 5. Module *afol* (suiveur d'amplitude).

Nous voyons également la partie du *mapping* qui crée un paramètre */sax/amp* entre -26 et -6 dB, par une courbe légèrement exponentielle. Nous voyons l'indicateur du paramètre */sax/amp* dans la **Figure 6**.



Figure 6. Paramètre */sax/amp*.

Le paramètre */sax/amp* est utilisé ensuite pour ouvrir progressivement les modulateurs en anneau par 4 niveaux d'amplitude entre *pp* et *ff* (voir **Figure 7**)

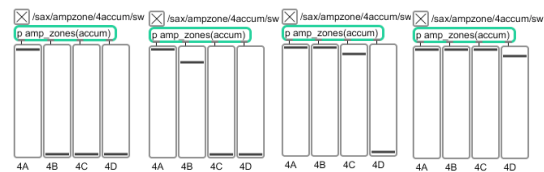


Figure 7. Ouverture progressive des quatre modulateurs selon le niveau de */sax/amp* (*pp*, *mp*, *f*, *ff*).

3.2.4. L'avancement automatique des événements

Jusqu'à l'heure de l'écriture de ce document, les événements ont été déclenchés manuellement par le compositeur⁵. L'avancement automatique n'a pas encore été implémenté. Il le sera prochainement, en utilisant principalement le suivi d'amplitude pour détecter les silences entre les phrases et la détection de hauteur pour certains notes spécifiques qui indiquent l'arrivée à des endroits spécifiques de la partition.

3.3. Stratégies d'écriture pour modulateurs

Le travail musical avec modulation en anneau et/ou *frequency shifter* tourne autour de trois axes qui correspondent à trois zones de fréquences :

1. Création de *battements* avec des fréquences de modulation sub-audio – de 0 Hz à 20 Hz, mais les valeurs les plus marquées sont surtout de 0 à 10 Hz.
2. Création d'un instrument *préparé* où chaque note de l'instrument sonne avec un timbre différent. Dans ce cas on *accorde* la modulation à une note quelque part au milieu de la tessiture du jeu.
3. Un effet de *scintillement* ou une sorte de *pédale aigue* en utilisant une fréquence de modulation bien supérieure aux notes jouées par l'instrument.

Pour les deux premières techniques, le son transformé est tellement lié à l'instrument acoustique que nous avons l'impression que l'instrument lui-même a été altéré. Par exemple, si nous utilisons la modulation pour créer l'impression des *multiphoniques* sur l'instrument, il est très difficile pour l'auditeur d'entendre que c'est un traitement et non un vrai multiphonique. Le même phénomène s'applique pour les battements qu'on pense fait par l'instrumentiste.

⁵ La création du *Patch bien tempéré II* a eu lieu le 27 novembre 2012 dans le cadre les Journées Musiques Mixtes III à l'Université Paul Valéry (Montpellier). Un enregistrement en studio a été fait le 5 février 2013 au ZKM (Karlsruhe) pour le CD *ENLARGE YOUR SAX* du saxophoniste Pedro Bittencourt (à paraître).

Le troisième technique se détache de l'instrument car le scintillement aigu est bien au dessus de la tessiture de l'instrument et ne change pas de façon significative avec chaque note. Dans cette zone de fréquences, nous avons plutôt un « effet » qu'une réelle transformation de l'instrument.

En travaillant musicalement avec un instrument acoustique et la modulation en anneau, il faut penser aux possibilités de ces trois « axes » de travail, en trouvant des moyens de changer la fréquence de modulation pour varier le résultat musical - de préférence lié aux phrases musicales.

On peut également mettre plusieurs modulateurs en parallèle pour densifier le résultat ou n'utiliser qu'un côté d'un *frequency shifter* pour épurer la densité.

On peut aussi modifier les paramètres de la modulation ou le niveau d'écoute de la modulation avec des détections de paramètres du son joué comme l'enveloppe d'amplitude ou la hauteur.

3.4. L'analyse et l'écriture

La pièce est composée en trois sections, chaque étape dans l'évolution d'une *histoire* entre le saxophone et les modulateurs en anneau, pour essayer de *s'entendre* et de construire quelque chose ensemble. Les trois sections sont assez différentes, mais le sens de résolution et le retour au rythme *respiré* de la troisième fait penser plutôt à une forme A-B-A'. Chaque section développe un rapport spécifique entre le saxophone et les modulateurs en anneau, avec un caractère bien défini et un rôle précis dans l'*histoire*.

3.4.1. Section A – « unisson »

Le principe central de la première section est l'**unisson** et l'utilisation des modulateurs en anneau pour *tirer* sur cet unisson et leur permettre de s'écarter et de dévier vers d'autres hauteurs et timbres. Le saxophone semble « coincé » sur une seule note (Fa écrit), comme s'il n'arrivait pas s'en sortir et c'est grâce aux modulateurs en anneau qu'il a finalement la possibilité de la quitter et partir ailleurs.

La première utilisation des modulateurs en anneau a comme but de créer des battements. On peut créer des battements soit en employant une fréquence de modulation dans la zone sub-audio (< 20 Hz), soit en « s'accordant » à moins de 20 Hz de la note modulée [DAVIES, 1976, pp.4-5].

Le saxophoniste commence à jouer la pièce sans le bec⁶, pour produire deux longs sons de souffle (sons éoliens sans hauteurs déterminées) qui subissent un effet de battement grâce aux fréquences sub-audio des quatre modulateurs en anneau. Un crescendo/decrescendo fait apparaître et disparaître progressivement les modulateurs

en anneau, tout en modifiant légèrement les fréquences de modulation. Pour être plus précis, le modulateur 1 change entre 0.5 Hz à 2.6 Hz durant le crescendo/decrescendo, le 2 change entre 0.77 Hz à 4.3 Hz, le 3 entre 1.1 Hz et 6.1 Hz, et le 4 entre 1.4 Hz et 8.1 Hz. Le résultat est que les battements apparaissent un par un en accélérant pendant le crescendo, puis disparaissent un par un, en ralentissant pendant le decrescendo. Après un point d'orgue, un deuxième souffle éolien fait un crescendo, ouvrant et modifiant les modulateurs en anneau avec les mêmes paramètres que le premier souffle, mais cette fois-ci il termine subitement sur un triple forte. (voir **Figure 8**).

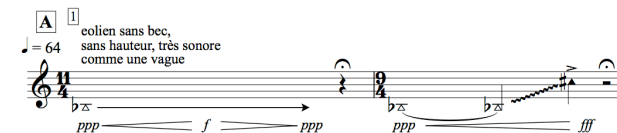


Figure 8. Les premières deux mesures de la partie pour saxophone.

A la mesure 3 (*événement 2*, comme indiqué par le numéro encadré) le saxophoniste remet le bec et commence à jouer le Fa grave (note écrite). Les crescendos/ decrescendos continuent à faire apparaître un par un les modulateurs en anneau, mais le rapport entre l'intensité et la fréquence de modulation va changer un peu (voir **Figure 9**).



Figure 9. Mesure 3 : l'arrivée du Fa.

Le premier modulateur que nous entendons dès le premier son du saxophone se met autour de l'unisson de la note Fa (note MIDI 65) alors que les 3 autres restent dans la zone de sub-audio. Comme nous l'avons rappelé plus haut dans la partie Le dispositif, une modulation en anneau à l'unisson rehausse tout le spectre par la valeur de la fondamentale [DAVIES, 1976, p. 3] créant ainsi un spectre qui est très proche de l'original à l'exception de la disparition de la fondamentale – comblée finalement par le son direct du saxophone. Le résultat est la quasi non-existence du traitement – un simple son amplifié. Pourtant, le premier modulateur en anneau se décale légèrement en suivant l'enveloppe d'amplitude du saxophone et varie en conséquence entre un dixième de demi-ton plus bas et un dixième de demi-ton plus haut (entre note MIDI 64.9 et 65.1). Pour rappel, toutes ces valeurs sont relatives à la transposition de l'instrument – pour le sax alto (Eb) : -9 demi-tons, pour le sax ténor (Sib) : -14, etc.

A la mesure 4, le saxophone refait un crescendo/decrescendo sur Fa, mais cette fois-ci introduit de très légers glissandi microtonaux d'un huitième de ton plus haut (voir **Figure 10**). Le modulateur 1 augmente un petit peu l'ambitus de

⁶ Dans la première version, il était proposé de jouer cette partie de sons éoliens avec le bec, mais cela ne fonctionnait pas bien. En enlevant le bec, plus de fréquences peuvent être utilisées (bruits blancs).

réponse à l'amplitude, glissant entre plus et moins un quart de ton du Fa (entre note MIDI 64.5 et 65.5).

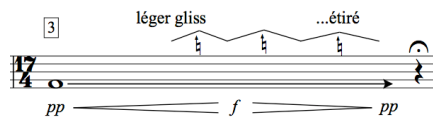


Figure 10. Mesure 4 : léger glissando.

A la mesure 5, l'ambitus du modulateur augmente jusqu'à plus et moins un ton (note MIDI 64 à 66) et les battements deviennent encore plus importants. Un saut d'octave du saxophone provoque un effet de *bisbigliando* car la somme et la différence de la modulation en anneau une octave au dessus du son modulé « remet » les harmoniques manquants après le saut d'octave, mais à des intensités différentes. Dans la **Table 1** nous voyons qu'un spectre harmonique avec une fondamentale hypothétique de 200 Hz modulé par 100 Hz devient un spectre d'harmoniques impaires à une fondamentale de 100 Hz.

Modulation	Spectre porteur	somme et différence	Résultat avec son acoustique
	800		800
		600 (2 fois)	700
	600		600
		500 (2 fois)	500
	400		400
		300 (2 fois)	300
	200		200
100		100	100

Table 1. Modulation une octave en dessus de la note jouée.

Quand nous remixons le son acoustique et le résultat de la modulation, nous retrouvons un spectre complet à 100 Hz avec des harmoniques doublés et par conséquent plus fortes. Dans le cas donc du saut d'octave de la mesure 7, nous entendons plutôt un changement de timbre (voir **Figure 11**).

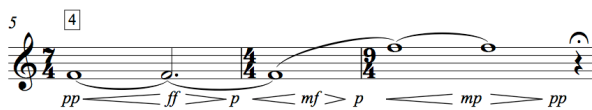


Figure 11. Saut d'octave dans les mesures 5 à 7.

A la mesure 8, le saxophone revient sur le Fa grave et ne fait que des changements d'intensité. Le modulateur 1 augmente encore son ambitus en réponse à l'amplitude du saxophone, atteignant ainsi plus ou moins un ton entier (note 63 à note 67). Cette différence de hauteur génère un son résultat d'environ un ton de perturbation, sortant ainsi de la zone des battements et entrant dans la zone du décalage de spectre et l'inharmonicité dans le timbre. Cela permet de passer de nouveau à des glissandi du saxophone à la mesure 11 (comme à la mesure 4), cette fois-ci d'un quart de ton. A mesure 11, l'ambitus du changement de modulation du modulateur 1 garde la même taille mais monte un demi-ton (note 64 à note 68),

tirant ainsi tout le résultat légèrement vers le haut (voir **Figure 12**).

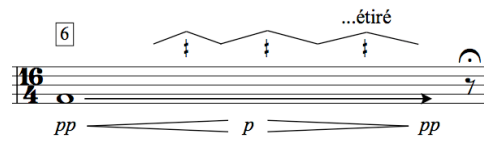


Figure 12. Les glissandi de la mesure 11.

Aux mesures 12 à 13, le saxophone va faire un vrai changement de hauteur de Fa vers Mi. Le modulateur 1 va réagir à l'amplitude du saxophone en *baissant* sa fréquence avec la *montée* d'intensité. Quand la phrase commence *piano*, le modulateur 1 est accordé en unisson avec le Fa (65), mais au fur et à mesure du crescendo, la fréquence baisse pour s'accorder sur un Mib (note 63), montant ainsi le nombre de battements. Au moment du *forte*, quand le saxophone descend à Mi, le modulateur est plus proche de la note jouée et les battements diminuent. Le decrescendo sur le Mi fait remonter le modulateur 1 à la fréquence du Fa, et les battements remontent en même temps que la disparition du son (voir **Figure 13**).

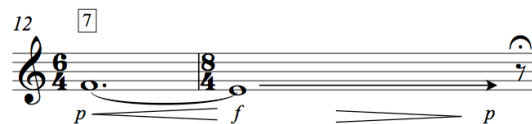


Figure 13. Mesures 12 à 13 et le passage au Mi.

Aux mesures 14 à 16 il se passe la même chose mais une octave plus haut et vers une note un demi-ton au dessus. Le modulateur 1 s'accorde parfaitement sur le Fa que joue le saxophone et le crescendo pousse vers le haut, augmentant la vitesse des battements. Quand le saxophone passe au Fa# il est de nouveau accordé avec le modulateur, mais les changements d'intensité qui suivent jouent encore sur le rapprochement et l'éloignement et par conséquent sur le décalage et la vitesse des battements (voir **Figure 14**).



Figure 14. Mesures 14 à 15 et le passage au Fa#.

A la mesure 17, les modulateurs 2 à 4 qui étaient jusqu'alors toujours sur des fréquences sub-audio pour faire des battements commencent à s'accorder autour du Fa grave (note 65) avec des ambitus de glissando de l'ordre d'un dixième de ton. Le saxophone joue le Fa# grave (après avoir réussi à jouer le Fa# plus aigu précédemment) et se met en rapport de forts battements avec les quatre modulateurs le temps de son crescendo là où les perturbations sont encore plus intense grâce au *flatterzung*. L'arrivée sur Fa bécarre en *subito piano* conclut la phrase. A la mesure 18, il arrive la même

chose avec un peu plus de battements dus à un ambitus de glissandi des modulateurs un peu plus grand (voir **Figure 15**).

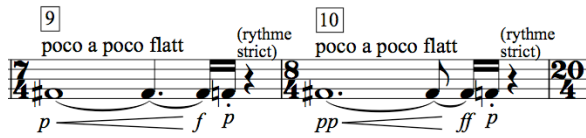


Figure 15. Mesures 17 et 18.

A la mesure 19 la tension va monter jusqu'au point culminant où le saxophone répète la note Fa avec de plus en plus d'insistance et de résistance – les notes de plus en plus intenses et de plus en plus longues. A chaque note, un nouvel événement modifie les notes (et donc les fréquences) des modulateurs en anneau pour créer des *accords* avec des inharmoniques de plus en plus riches et étalés dans le spectre (voir **Figure 16**).

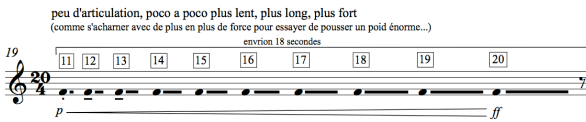


Figure 16. Mesure 19 et la montée des *accords* inharmoniques.

Étant passé par un « mur du son » métaphorique, le saxophone commence à la mesure 20 sur une montée en trilles et trémolos vers le Mi aigu. Les modulateurs restent dans l'état du dernier *accord*. Au moment de l'arrivée un événement se déclenche qui provoque un glissando des quatre modulateurs lentement vers l'unisson du Mi aigu, pendant le long decrescendo du saxophone. Un *flatterzung* souligne les perturbations du glissando, mais on retrouve la « pureté » du Mi aigu à la fin du decrescendo (voir **Figure 17**).

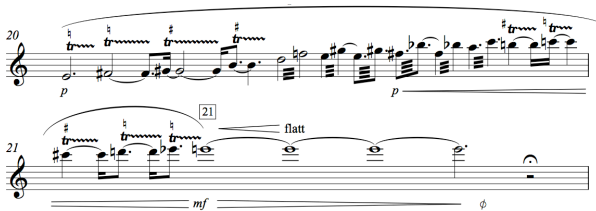


Figure 17. Trilles, trémolos et le nouvel unisson.

3.4.2. Section B – « expansion »

La partie B introduit la pulsation et l'expansion de la mélodie. Elle commence sur le Mi aigu et s'ouvre ensuite progressivement vers des notes plus graves et de plus en plus étalées dans le spectre. Les 4 modulateurs en anneau sont accordés à l'unisson avec le Mi aigu, puis progressivement sur d'autres notes de la progression. Après une longue expansion, la tessiture se resserre dans le grave vers la fin et se recentre sur le Fa# grave pour préparer la section C (voir **Figure 18**).



Figure 18. Le début de la section B – mes. 22 à 25.

La fonction des modulateurs en anneau dans cette section n'est plus de créer des battements, perturbations ou glissandi comme dans la section précédente, mais de créer une *préparation* du saxophone, soit un timbre différent à chaque nouvelle note, et de fournir un contexte microtonal qui motive l'écriture en quart de tons pour le saxophone.

3.4.3. Section C (A') – « résolution »

La troisième section est le moment d'apaisement où la mélodie semble flotter à travers le champs de modulation en profitant de son soutien et en le guidant.

Les modulateurs en anneau ne réagissent plus aux changements d'amplitude du saxophone. Ils sont accordés au début au Fa# grave (note 66) à l'événement 27, au Fa grave (note 65) à l'événement 28, au Mi (note 64) à l'événement 29, au Fa à l'événement 30, à nouveau au Mi (note 64) à l'événement 31, au Fa à l'événement 32, au Fa grave et Mi aigu à l'événement 33 (notes 65 et 88), puis un peu en dessus de Mi aigu (entre 87.75 et 87.9) à l'événement 34. Ces derniers réglages arrivent au moment où le saxophone tient une note Fa aigu (note 89) qui devient graduellement un son éolien. La différence avec la modulation produit une belle fréquence grave pour le long decrescendo de la fin (voir **Figure 19**).

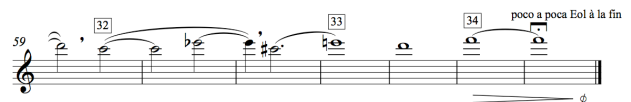


Figure 19. Les dernières mesures de la pièce.

3.4.4. Les hauteurs

Les hauteurs de la pièce ont été déterminées en utilisant le calcul de la modulation en anneau – la somme et la différence entre une fréquence de modulation et la porteuse (saxophone).

Par exemple, si nous jouons toutes les notes du saxophone avec différentes « notes » de modulation en anneau, nous produisons des gammes en micro-intervalles assez riches. Sur la **Figure 20** nous voyons la gamme produite sur une fréquence de modulation égale à la fréquence de la note Fa# grave (note 66).



Figure 20. Gamme sur modulation par Fa#.

4. LES ADAPTATIONS

Après avoir présenté en détail l'analyse musicale et technique du *Le patch Bien Tempéré II* et pour revenir aux aspects pratiques de l'*interprétation participative*, nous listons maintenant les adaptations spécifiques survenues lors des séances de travail entre l'instrumentiste et le compositeur :

- 1 (indication de la partition) — jeu sans le bec pour avoir plus de volume avec le son éolien et générer les battements avec les modulations en anneau ;
- 3 — laisser la clé Eb enfoncée et ouvrir doucement et à peine la clé Tf (moins de ¼ de ton), tout en compensant avec l'embouchure quand nécessaire ;
- 6 — la même chose que 3, mais il faut ouvrir un peu plus la clé Tf pour que l'intervalle soit un peu plus grand que la première fois, autour d'un ¼ de ton;
- 11 à 20 – choix de la notation proportionnelle ;
- 21 – il faut être attentif à mener le decrescendo final et la justesse du Mi en fonction de l'arrivée de l'électronique à l'unisson ;
- 22 à 26 – plusieurs nuances ont été modifiées après l'écoute de l'enregistrement de la création. Tous les ¼ de ton sont faisables au sax alto, à deux exceptions : 1) sol ¼ #, qui est toujours trop bas (avec clé Tf) et parfois difficile mécaniquement ;
- 26 — Si grave ¼ # difficile. Remarque : sur d'autres saxophones de la famille (sopranino, soprano, ténor, baryton, basse), cela peut se comporter différemment, mais nous ne l'avons pas encore testé.
- 27 à 34 — on remarque ici l'utilisation des sons éoliens intégrés à la fin des notes et les vibratos lents d'intensité. C'est comme un rappel des souffles et du « léger glissandi, comme un vibrato lent » de la première partie.

5. CONCLUSIONS

La modulation en anneau est un des « classiques » parmi les traitements audio qui existent. Bien que l'on puisse dire que les implémentations numériques sonnent un peu moins bien que leurs aînés « analogiques », la souplesse avec le contrôle et l'intégration d'autres paramètres dans un dispositif en temps réel donne de réels avantages.

Dans le *Patch Bien Tempéré II*, nous avons vu en détail des applications musicales de la modulation en anneau – battements, coloration par note, création de sons supplémentaires graves ou aigus. Nous avons vu également l'intégration avec le jeu du saxophoniste, avant tout par son niveau d'intensité, mais aussi les changements dans son jeu en fonction du retour du son.

Le saxophoniste construit son phrasé en fonction des transformations souhaitées par les modulateurs. Les remarques du compositeur ont demandé une écoute très attentive des battements et autres transformations pour arriver à des résultats satisfaisants en rapport avec l'électronique. Les informations sur le comportement de l'électronique ne sont pas encore disponibles sur la partition actuelle et pourraient être rajoutées pour clarifier les effets souhaités. L'interprétation participative qui comporte de nombreuses échanges et adaptations pendant les sessions de travail, répétitions et enregistrements a été fondamentale pour que de cette pièce puisse être développée, interprétée, pour ouvrir des perspectives de versions futures avec d'autres instruments de la famille du sax et d'autres saxophonistes désirant jouer la pièce.

6. REFERENCES

- [1] BARKATI, K. [2009] « La polysémie du temps réel et du temps différé », *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, Grenoble, 2009. Disponible sous forme électronique : <http://acroe.imag.fr/jim09/index.php/descrip/conf/schedConf/actes>, consulté le 27.02.13
- [2] BITTENCOURT, P. S. [2013] « Interpretação participativa na música mista contemporânea », *Revista Interfaces* n°18, Vol. I/2013, Centro de Letras e Artes UFRJ, éd. 7 Letras, Rio de Janeiro, à paraître, disponible en forme électronique: <http://www.cla.ufrj.br/index.php/periodicos/revista-interfaces>
- [3] BODE, H, [1984] « History of electronic sound modification », *Journal of the Audio Engineering Society*, vol 32, no. 10. pp. 730-738. Disponible sous forme électronique : http://cec.sonus.ca/econtact/13_4/bode_history.html, consulté le 27.02.13
- [4] DAHAN, K., LALIBERTÉ, M. [2008] « Réflexions autour de la question d'interprétation de la musique électroacoustique », *Actes des Journées d'Informatique Musicale (JIM)*, Albi, 2008. Disponible sous forme électronique : <http://gmea.net/jim08/index.php/Articles>, consulté le 27.02.13
- [5] DAVIES, H. [1976] « A Simple Ring Modulator », in *MUSICS - an improvisational experivisation arts magazine*, numéro 6, publication indépendante, Londres. Disponible sous forme électronique : http://electro-music.com/forum/phpbb-files/hughdaviesringmod_140.pdf, consulté le 27.02.13
- [6] DURAND, D. [1979] *La systématique*, Collection Encyclopédique Que sais-je ?, dixième édition mise à jour [2006], éd. Presses Universitaires Françaises, Paris

- [7] LIPPE, C. [2002] « Real-Time interaction among composers, performers and computer systems », in *Information Processing Society of Japan SIG Notes* Volume 2002, Number 123, pp. 1-6, Disponible sous forme électronique : <http://www.music.buffalo.edu/faculty/lippe/lippepublications.shtml>, consulté le 27.02.13
- [8] MAYS, T [2010] *TRAITEMENTS TEMPS REEL ET ECRITURE : Vers un lexique musical de divers traitements sonores de base*, mémoire de Master II, Université de Paris VIII, p. 82, Paris
- [9] MAYS, T., RUBIANO, R., [2010] « Tapemovie : Un environnement logiciel pour la création temps réel intermédia », *Actes des Journées d'Informatique Musicale 2010*, Rennes. Disponible en forme électronique : <http://jim10.afim-asso.org/actes/81mays.pdf>, consulté le 27.02.13
- [10] MORIN, A. [2010] *Cheminer ensemble dans la réalité complexe. La recherche-action intégrale et systémique*, éd. L'Harmattan, Paris
- [11] OBERHEIM, T [2008] Lecture/Interveiw pour le Red Bull Music Academy, Barcelona. Transcript disponible sous forme électronique : http://www.redbullmusicacademy.com/lectures/to-m-oberheim-polyphonic-one-love?template=RBMA_Lecture%2Ftranscript, consulté le 27.02.13
- [12] PARKER, Julian [2011] « A Simple Digital Model of the Diode-Based Ring-Modulator », *Proceedings of the 14th Internatinal Conference on Digital Audio Effects*, Paris. Disponible en forme électronique: http://www.academia.edu/1047370/A_Simple_Digital_Model_of_the_Diode-Based_Ring-Modulator, consulté le 27.02.13
- [13] VARELA, F. [1989] *Invitation aux sciences cognitives*, éd. Du Seuil, Paris
- [14] WATZLAWICK, P., BEAVIN, J.H., JACKSON, D.D. [1972] *Une logique de la communication*, éd. du Seuil, Paris